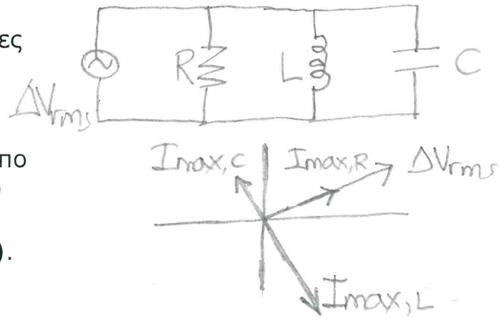
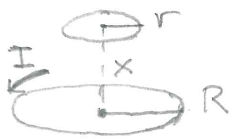
ΕΞΕΤΑΣΗ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ ΦΙΙ ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΥ 2019

ΔΙΑΒΑΣΤΕ ΠΡΟΣΕΚΤΙΚΑ ΤΗΝ ΕΚΦΩΝΗΣΗ ΤΩΝ ΘΕΜΑΤΩΝ. ΣΑΣ ΕΥΧΟΜΑΙ ΝΑ ΓΡΑΨΕΤΕ ΚΑΛΑ, Ι. ΠΑΠΑΔΑΚΗΣ.



1ο Θέμα: Στην εικόνα φαίνεται ένα κύκλωμα *RLC* παράλληλης συνδεσμολογίας. Οι στιγμιαίες τάσεις (και οι ενεργές) είναι οι ίδιες στα άκρα καθενός από τα τρία στοιχεία του κυκλώματος, ενώ κάθε μιας τους είναι σε σε φάση με τον ρεύμα στον αντιστάτη. Τα ρεύματα στον πυκνωτή *C* και στο πηνίο *L* προηγούνται ή υστερούν, αντίστοιχα, του ρεύματος στον αντιστάτη, με τον τρόπο που φαίνεται στο διάγραμμα φασιθετών του ρεύματος. Βρείτε το ενεργό ρεύμα (I_{rms}) που παρέχεται από την πηγή και τη γωνία φάσης μεταξύ ΔV_{max} και I_{max}, συναρτήσει των *R,L,C* και ω **(2)**.

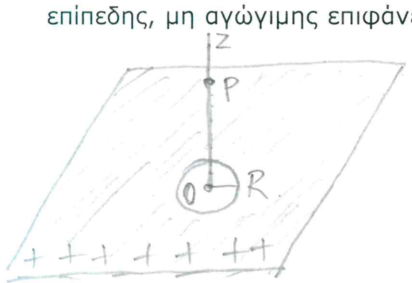


2ο Θέμα: Το σχήμα δείχνει δύο παράλληλους συρμάτινους βρόχους που έχουν κοινό άξονα. Ο μικρότερος βρόχος (ακτίνας *r*) βρίσκεται πάνω από τον μεγαλύτερο βρόχο (ακτίνας *R*) σε απόσταση *x>>R*. Επομένως, το μαγνητικό πεδίο λόγω του ρεύματος που διαρρέι τον μεγαλύτερο βρόχο είναι σχεδόν ομογενές σ' όλη την έκταση του μικρού βρόχου. **α)** Δείξτε ότι το πεδίο στον μικρό βρόχο είναι παράλληλο προς τον άξονα x, με φορά προς τα πάνω, και το μέτρο του δίνεται από την σχέση: $B(x)=\mu_0 IR^2/[2(R^2+x^2)]^{(3/2)}$ **(1)**. Ο μικρός βρόχος κινείται ως προς τον μεγάλο, με σταθερή ταχύτητα $u=dx/dt$. **β)** Βρείτε τη μαγνητική ροή διαμέσου της επιφάνεις του μικρού βρόχου ως συνάρτηση του *x* **(0.5)**. **β)** Βρείτε την επαγόμενη ΗΕΔ (στον μικρό βρόχο) **(1)** καθώς και **γ)** την κατεύθυνση του επαγώμενου ρεύματος **(0.5)**.

3ο Θέμα: Θεωρείστε ένα σπόρο πιπεριάς που βρίσκεται μπροστά από δύο λεπτούς, συμμετρικούς και ομοαξονικούς φακούς (έστω φακός 1 και 2). Ο σπόρος βρίσκεται 6 cm αριστερά του φακού 1 ενώ ο φακός 2 βρίσκεται 10 cm δεξιά του φακού 1. Οι εστιακές αποστάσεις των φακών είναι $f_1=+24$ και $f_2=+9$ *cm*. Που παράγει το σύστημα των δύο φακών το είδωλο του σπόρου; **(1)** Το είδωλο είναι πραγματικό ή φανταστικό; Όρθιο ή ανεστραμμένο; Ποια η μεγένθυσή του; **(0.5)**

4ο Θέμα: Λεπτό φύλλο από υλικό που ονομάζεται "μίκα" *(n=1.58)* χρησιμοποιείται για να καλύψει τη μία από τις δύο σχισμές σε μία διάταξη συμβολής διπλής σχισμής. Στο κεντρικό μέρος της οθόνης παρατήρησης εμφανίζεται τώρα ο έβδομος φωτεινός πλευρικός κροσσός του σχηματισμού συμβολής που παρατηρήθηκε χωρίς την μίκα. Αν $\lambda=550$ *nm* πόσο είναι το πάχος του φύλλου μίκας; **(1.5)**

5ο Θέμα: Στο σχήμα μία μικρή κυκλική οπή ακτίνας *R=1.8 cm* έχει δημιουργηθεί στη μέση μιας άπειρης, επίπεδης, μη αγώγιμης επιφάνειας με ομοιόμορφη πυκνότητα φορτίου $\sigma=4.5$ pC/m^2. Ο άξονας *z*, με την αρχή του στο κέντρο της οπής, είναι κάθετος στην επιφάνεια. Βρείτε το διάνυσμα του ηλεκτρικού πεδίου στο σημείο *P*, στη θέση *z=2.56 cm* **(2)**.



Δίνονται: $\mu_0=4\pi\times10^{-7}$ Tm/A, $\varepsilon_0=8.854\times10^{-12}$ $(C^2/N)m^2$, $e=1.602\times10^{-19}$ C, $V(r)=k_e(dq/r)$, $d\vec{B}=\frac{\mu_0}{4\pi}\frac{I\,d\vec{s}\times\hat{r}}{r^2}$,

$u_b=B^2/2\mu_0$, $\oint \vec{E}\cdot d\vec{A}=\frac{Q_{εντός}}{\varepsilon_0}$, $\vec{F}_B=q\vec{u}\times\vec{B}$, $B=\frac{\mu_0 I}{2\pi r}$, $\oint \vec{B}\,d\vec{s}=\mu_0 I+\mu_0\varepsilon_0\frac{d\Phi_E}{dt}$, $1/f=(n-1)(1/R_1-1/R_2)$, $\sin(\theta_{σκοτ})=(m+0.5)\lambda/d$, $\sin(\theta_{σκοτ})=m\lambda/a$, $\sin(\theta_{φωτ})=m\lambda/d$, $U=(1/2)C\Delta V^2$, $U=(1/2)LI^2$, $E_{επίπεδου}=\sigma/2\varepsilon_0$, $E_{δίσκου}=(\sigma/2\varepsilon_0)[1-z/(z^2+R^2)^{(1/2)}]$

1ο ΘΕΜΑ

Λυμένη άσκηση, 11ο φυλλάδιο, 7η άσκηση.

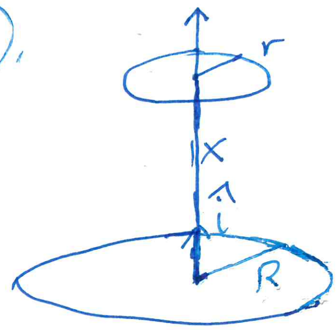
3ο ΘΕΜΑ.

Ενδεικτικό Πρόβλημα 34-5, β. Halliday-Resnick.

2ο ΘΕΜΑ.

α). ΘΕΩΡΙΑ, & $x >> r$.

β).



Με βάση τη σχέση που έδειξα στο πρώτο ερώτημα, & το γεγονός ότι $x >> R$, το μαγνητικό πεδίο στο κέντρο του μικρού βρόχου (αλλά & σ' όλη την επιφάνεια του, όπως μας λέει η άσκηση) θα δίνεται από τη σχέση:

$$\vec{B} = \frac{\mu_0 I R^2}{2x^3}\hat{i} .$$ 0.25

(όταν ο μικρός βρόχος βρίσκεται σε απόσταση x, με $x >> R$).

Σ' αυτή την περίπτωση, η μαγνητική ροή διαμέσου της επιφάνειας του μικρού βρόχου θα δίνεται από τη σχέση: $\Phi_B = \vec{B}\cdot\vec{A}$, όπου $\vec{A} = \pi \hat{i}$. Άρα:

$$\Phi_B = \frac{\mu_0 I R^2}{2x^3}\pi \Rightarrow \Phi_B = \frac{\pi \mu_0 I r^2 R^2}{2x^3} \quad (1)$$ 0.25

γ). Με βάση νόμο του Faraday, η ΗΕΔ εξ' επαγωγής στον μικρό βρόχο θα δίνεται από τη σχέση:

0.5

$$\mathcal{E} = \underbrace{-\frac{d\Phi_B}{dt}} = -\frac{\pi \mu_0 I r^2 R^2}{2}\frac{dx^{-3}}{dt} \Rightarrow$$

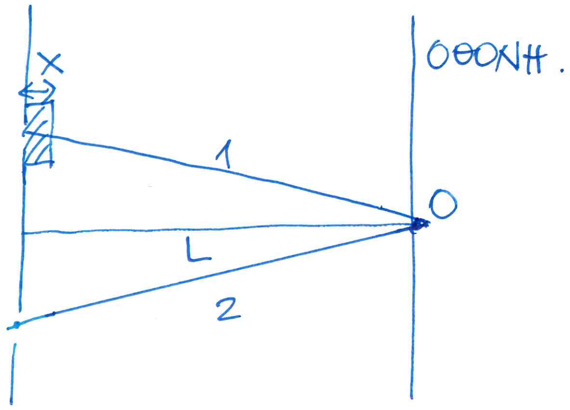
$$\mathcal{E} = \left(-\frac{\pi \mu_0 I r^2 R^2}{2}\right)\left(-\frac{3}{x^4}\frac{dx}{dt}\right) = \frac{3\pi \mu_0 I r^2 R^2}{2x^4}\upsilon$$ 0.5

(όπου έχω υποθέσει ότι ο μικρός βρόχος απομακρύνεται από τον μεγάλο, άρα, $\vec{\upsilon} = \upsilon\hat{i}$, $\upsilon > 0$).

δ) Αν υποθέσουμε ότι ο μικρός βρόχος απομακρύνεται από τον μεγάλο, τότε το x συνεχώς αυξάνεται, άρα το Φ_B ελαττώνεται. Ως εκ τούτου, το ρεύμα στον μικρό βρόχο θα έχει τέτοια φορά ώστε το μαγνητικό πεδίο στην εσωτερική επιφάνεια του βρόχου να έχει φορά κατά τη θετική φορά του άξονα x (δηλαδή προς τα πάνω, σύμφωνα με το σχήμα). Σύμφωνα με τον κανόνα του δεξιού χεριού, για να συμβεί αυτό θα πρέπει το ρεύμα να έχει την ίδια κατεύθυνση με αυτή του ρεύματος I, δηλ. αντίθετη με τη φορά κίνησης των δεικτών του ρολογιού, αν κοιτάμε το βρόχο από πάνω.

0.5

$4^{\underline{o}}$ ΘΕΜΑ.



Στο σχήμα φαίνεται η διάταξη των δύο σχισμών. Στην πάνω σχισμή έχει τοποθετηθεί το λεπτό φύλλο από μίκα, που έχει πάχος x (υποθέτουμε ότι $x << L$).

Η άσκηση μας λέει ότι στο σημείο O φωτεινός κροσσός. Από, παρά το γεγονός ότι οι ακτίνες 1 και 2 τώρα, με το φύλλο μίκας να καλύπτει τη μία σχισμή, έχουν διαφορά φάσης μεταξύ τους όταν φτάνουν στο σημείο O.

Αυτή η διαφορά φάσης οφείλεται στο γεγονός ότι ο χρόνος που χρειάζεται οι δύο ακτίνες να διανύσουν απόσταση x (ίση με το πάχος του φύλλου μίκας), αμέσως μόλις περάσουν τις δύο σχισμές δεν είναι ο ίδιος, αλλά:

$$\left.\begin{aligned} t_1 &= \frac{x}{v} = \frac{x}{c}n \quad (n=1.58). \\ t_2 &= \frac{x}{c} \end{aligned}\right\} \Rightarrow$$

0.3

$$\Delta t = t_1 - t_2 = \frac{x}{c}(n-1).$$

Άρα η διαφορά φάσης θα είναι ίση με:

0.3

$$\Delta\varphi = 2\pi \frac{\Delta t}{T} = 2\pi \frac{x(n-1)}{cT} = 2\pi \frac{x(n-1)}{c/f} \Rightarrow$$

$$\Delta\varphi = 2\pi \frac{x(n-1)}{\lambda}. \quad (1).$$

Για να σχηματιστεί φωτεινός κροσσός θα πρέπει το $\Delta\varphi$ να είναι ακέραιο πολλαπλάσιο του 2π, δηλ.

$\Delta\varphi = m \cdot 2\pi.$ (2). 0.3

Η άσκηση μας λέει ότι ο κεντρικός φωτεινός κροσσός αντιστοιχεί στον έβδομο φωτεινό πλευρικό κροσσό του σχηματισμού συμβολής που παρατηρήθηκε χωρίς τη μίκα. Οι ακτίνες που δημιουργούν τον έβδομο φωτεινό κροσσό έχουν διαφορά φάσης ίση με:

$$\Delta\varphi_7 = 7 \cdot 2\pi = 14\pi \quad (3).$$ 0.3

Άρα: $\Delta\varphi = \Delta\varphi_7$, άρα: $\Delta\varphi = 7 \cdot 2\pi = 14\pi$ (4).

Οπότε, από (1) κ (4) έχουμε:

$$x \frac{2\pi(n-1)}{\lambda} = 14\pi \Rightarrow x = \frac{7\lambda}{(n-1)} \Rightarrow$$

$$x = \frac{7\,(550 \times 10^{-9}\,m)}{1.58-1} \Rightarrow x = 6.64 \times 10^{-6}\ m.$$

0.3

$5^{\underline{o}}$ ΘΕΜΑ.

Η κατανομή φορτίου στην άσκηση είναι ισοδύναμη με κατανομή φορτίου σε άπειρη, επίπεδη, μη αγώγιμη επιφάνεια με ομοιόμορφη πυκνότητα φορτίου σ, και με φορτίο, ομοιόμορφα κατανεμημένο, με πυκνότητα −σ, σε δίσκο ακτίνας R. Σ' αυτή την περίπτωση, το συνολικό φορτίο στο σημείο P θα είναι ίσο με:

$$\vec{E}_{ολ} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 \quad (1), \text{ όπου:}$$

0.5

$$\vec{E}_1 = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\hat{k}$$ (το πεδίο λόγω του φορτίου στην επίπεδη επιφάνεια, άπειρης διάστασης)

$$\vec{E}_2 = -\frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\left(1 - \frac{z}{\sqrt{(z^2+R^2)}}\right)\hat{k}$$ (← το πεδίο του φορτίου στο δίσκο, σε σημείο που βρίσκεται σε άξονα κάθετο στον δίσκο, στο κέντρο του).

0.5

Άρα:

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\hat{k} - \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\hat{k} + \frac{z\sigma}{2\varepsilon_0\sqrt{(z^2+R^2)}}\hat{k} \Rightarrow$$

$$\vec{E} = \frac{4.5\times10^{-12}\ C/m^2 \times 2.56\times10^{-2}\ m.}{2\cdot(8.85\times10^{-12})(C^2/N)m^2\sqrt{(2.56\times10^{-2}m)^2+(1.8\times10^{-2}m)^2}}\hat{k} \Rightarrow$$

$$\vec{E} = 0.21\ \frac{N}{C}\hat{k}.$$

1.0